

筑波大学計算科学研究センター長
宇 川 彰

§ 1. はじめに

私の大学図書館との関わりをあらためて思い起こしてみると、今年で37年になる。私自身は素粒子物理学という基礎科学の一分野を専門として大学・大学院での教育を受け、またその後は幾つかの大学キャンパスでの教育と研究の生活を送って来た。そのような経験からすると、理工系の大学関係者にとり、大学図書館の利用というと、学部学生時代は図書の利用と勉強場所、大学院時代はそれに加えて学術雑誌の利用、そして教員になれば学術雑誌や会議録の利用が中心であろうと思う。

図書は自ら購入して自分の本棚に並べておくものという家庭で育ったせい、またそのことに喜びを感じていたこともあり、大学・大学院時代には、私は図書の利用という面では大学図書館とはあまり関わりを持たなかった。しかし、学術論文や国際会議の発表論文を読む面では、大学後半から大学院にかけて、大学図書館は無くってはならない存在であった。現代の物理学は、1920年代から1930年代にかけてその形を整えたが、当時の論文を読もうとすれば、ドイツの *Zeitschrift für Physik*, *Annalen der Physik*, といった雑誌を図書館で探すことになる。また、1950年代、1960年代のソビエト連邦では、優れた物理学の研究が行われていたが、それらは *Журнал экспериментальной и теоретической физики* などのソビエト連邦の雑誌あるいはアメリカ物理学会が発行していた英語訳 *Journal of Experimental and Theoretical Physics* などを見るしかなく、やはり図書館に入り浸ることになった。

私の研究者としての図書館との関わりは、大学院生時代の延長で、学術論文を軸としている。素粒子物理分野は20世紀後半に極めて急速な発展をした分野だが、そのこともあって、学術情報の速い流通が早い時期から非常に重視された分野である。既に1960年代（あるいはその以前から）、研究結果の流通については、学術雑誌に投稿した論文原稿をプレプリント preprint という名称で相互に郵送で交換しあう習慣があった。最新の結果は、まずこのプレプリントを通じて知るという状況があり、製本して出版された学術雑誌に掲載されることは、学会による認知を経て、その書誌情報が学術情報として関係者に共有されることの役割のほうが大きかったように思う。

そうではあっても、全てのプレプリントが書かれた直後に手に入るわけでもなく、また *Letter* 誌のように最新の結果を数ページにまとめた速報を集めて数週間おきに発行し、航空便で配布するような雑誌もあり、定期的に専門分野の雑誌に眼を通すことは重要な研究活動の一部であった。しかし、このような学術情報の配布と蓄積そしてアクセスの形態は、

1990 年頃を境目として、その有り様が全く変わってしまったというのが実感である。それと共に、図書館との関係も急激に希薄なものとなった。その理由は、TeX と postscript 形式による作図を組み合わせた論文作成方式の広がり、今では e-print archive の名前で知られる、preprint repository の開始である。勿論、これらの背後には、ほぼ時を同じくしたインターネットの発達、e-mail の日常化、PC の普及といった IT 技術の発展があることは言うまでもない。

e-journal の発達は、e-print archive の発祥の後に起こったできごとであるが、これも勿論研究者としての私の図書館との関わりに大きな変化をもたらした。その一つは、文献サーチに、物理的に図書館に足を運ぶ頻度がまた一段と少なくなったことであり、もう一つは、思いがけない経緯から筑波大学電子図書館に係ったことである。特に後者を契機として、e-print archive や e-journal に代表される新たな学術情報の収集と配布の方法が発展するなかで、大学図書館がどのような役割を果たすべきかについて折に触れて考えさせられる機会が増えたように感じている。

私自身に明確なビジョンがまとまっているわけではないが、そのような考えをすすめる材料を提供するつもりで、素粒子物理学分野での学術情報の作成と配布の実態を e-print archive を中心としてのべてみたい。上に preprint について記したように、この分野は、長年にわたって敏速な学術情報の交換には意を払ってきた分野である。インターネットの基本技術である world wide web はこの分野の世界的拠点のひとつである CERN (Centre Européenne pour la Recherche Nucléaire) で開発されたし、e-print archive もこの分野から起こったものである。そのような分野で多少なりとも大学図書館に関係してきた一研究者からの視点としてお聴きいただきたい。

§ 2. 素粒子物理学における学術論文の作成

図書館の収集する学術文献は、様々の分野の研究者達が作成する学術論文や学術資料などが基本であるから、研究者がどのようにしてこれらを作成するかは図書館を考える上で基本的な事項であると思う。

古来、膨大な数の論文が出版され配布されてきたわけだが、そのスタイルは、長い間、学者による論文の原稿書きと、出版者による印刷・製本と配布に二分されて来た。私が学生であった 1960 年代から 1970 年代にかけての論文作成の手順は、手書きで論文原稿を書き、朱筆で何度も校正を繰り返して最終稿とする。これで良しとなったら、研究室の秘書さんにタイプして貰い、数式については自ら手書きで書き入れたり、場合によっては特別なボールでタイプをする。図面については、烏口と雲形定規を駆使して自ら作成したり、原図を製図を専門とする業者に渡して描いて貰う。こうして出来上がった原稿を学会あるいは学術雑誌出版社に送り、レフェリーの査閲を経る。通常一度でレフェリーを通ることは少ないが、早くて二ヶ月、長い場合は 1 ヶ年にもわたるレフェリーとのやり取りを経て出版許可が下りれば、出版社の印刷に回り、速報誌の場合は校正抜きで、通常は一回の校

正を経て学術誌に出版され、それが世界各国の大学図書館や研究室に配布されていく。素粒子物理学の分野は気短ではあるが、それでも論文の原稿の脱稿から、最後に紙に印刷された論文が研究者の手元に届くまで、早くても半年、通常は 1 カ年程度の時間が必要であったと思う。

既に述べた preprint は、論文原稿ができた段階で世界中の研究室に郵送することで、論文流通の加速の役割を果たした。図 1 に、その一例を示す。

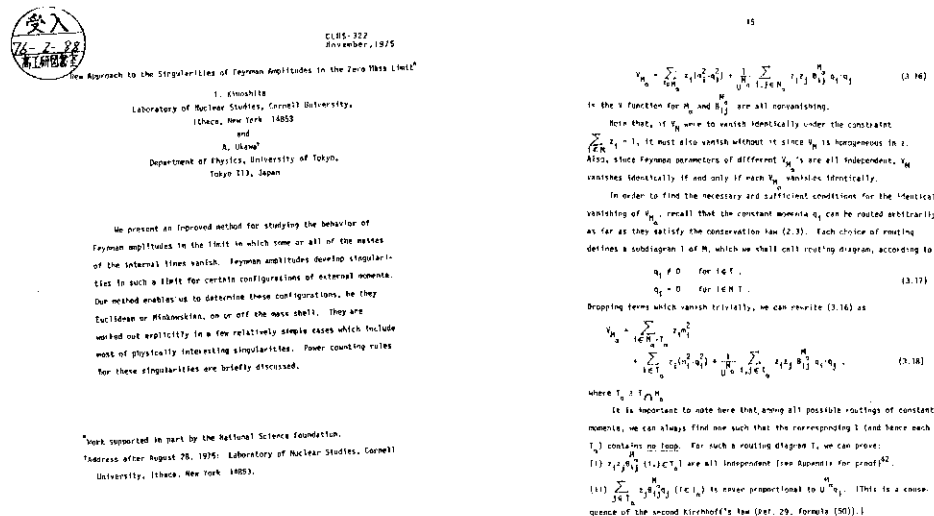


図 1 1970 年代後半の preprint の一例。1 ページ目の左上に著者の所属した Lab. for Nucl. Studies, Cornell Univ のカタログ番号が振ってある。

私が学生のころには、Stanford University の SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) に preprint 情報を収集する SLAC Preprint Library があり、毎週その週にこの Library に到着した preprint のリストを作成して世界中の素粒子研究室に配布していた。この組織は、次第に preprint 情報に関する世界的な中心の一つとなり、各研究室では、preprint を作成すると、それに固有のカタログ番号を付して、一部を必ず SLAC Preprint Library に送るようになった。一方 SLAC 側では、このような動きに対応して preprint list のデータベース化を行い、preprint 情報に加えて学術雑誌への出版情報を加え、最近では citation 情報も容易に検索できるまでに整備されている。このデータベースは Spirens <http://www.slac.stanford.edu/spires/hep/> の名前で知られており、素粒子分野の 1974 年以降の文献（雑誌論文・国際会議録等）を全てと言ってよい程度に網羅したものへと成長している。

素粒子物理学分野での学術情報流通の第一の革命は、1980年代のPCの登場と普及と機を一にした、文書整形ソフト TeX の登場である。勿論、PC の登場と同時に各種のワードプロセッサソフトウェアも登場し、それによる論文作成も始まったが、数式処理には特別なキー操作が必要で不便であり、図を取り入れる仕組みは存在しなかった。また、仕上がりの美しさもタイプ印字程度を超えるものではなく、なんとなくタイプライター替わりの印象であった。

このような観点から、文書整形ソフトウェア TeX は実に革命的なソフトウェアだった。良く知られているように、TeX は、Donald Knuth により 1970 年代後半から 1980 年代初めにかけて開発が行われた。有名な TeXbook が書かれたのは 1983 年であり、この年に TeX Version 1.0 が公開されている。TeX そのものは、一般ユーザには必ずしも使いやすいものではなかったが、その後 Leslie Lamport により、数式作成、表作成、ps ファイルの図の挿入などに関するマクロを組み込んだ LaTeX が発表され、これが現在の TeX を使う場合の標準ソフトになっている。

[illegible]

UTHEP-486
 UTCC-P-146
 March, 2004

Light hadron spectroscopy in two-flavor QCD with small sea quark masses

CP PACS Collaboration: Y. Namekawa^a, S. Aoki^b, M. Fukugata^c, K. I. Ishikawa^{a,c}, N. Ishizuka^a, Y. Iwasaki^a,
 K. Kuroyama^d, T. Kaneko^e, Y. Kuramashi^d, J. Loeck^f, M. Okawa^a, A. Uenaka^g, T. Umeda^h and T. Yusaⁱ

^a Institute of Physics, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan
^b Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Kashiwa, Tokyo 265-8585, Japan
^c Institute for Computational Physics, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan
^d High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Ibaraki 305-8801, Japan
^e Department of Physics, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 733-8526, Japan
^f (to appear)

We extend our study to the light hadron spectrum and quark masses in $\overline{\text{MS}}$ with two flavors of dynamical quarks at smaller sea quark tastes, corresponding to $m_{\text{sea}} = 0.01$ and 0.02. Numerical simulations are carried out using the RBC-improved gauge action and the mesonfield interpolating quark action at $t = 1$ to $t = 92$ for the $m_{\text{sea}} = 0.01$ case. We observe that the small sea quark mass leads to light hadron masses systematically deviate from the previous results. The deviation is more significant for the π and η mesons, which are more sensitive to the sea quark mass. The deviation is smaller for the ρ meson, which is more sensitive to the gauge action. It is especially true for light quark masses. Combining our results with the ones we had several chiral extrapolations to control their systematic errors. We find that the Wilson chiral perturbation theory (WChPT), which includes a^2 effects associated with the explicit chiral symmetry breaking of the Wilson fermions, describes our data well. In addition, lattice polynomial and continuum extrapolations are also performed. The continuum extrapolations are in good agreement with the WChPT results. Small quark masses data show. These results suggest stability of the WChPT formulae for controlled chiral extrapolations from heavy quark mass regions of $m_{\text{sea}}/m_{\text{sea}}^{\text{phys}} \gtrsim 2.5$. Renormalizing the pseudoscalar mass m_{PS} by $Z_P = 0.96 \pm 0.15$ in terms of WChPT and making the continuum extrapolation, we find that the π meson deviates from the average up and down quark mass from the previous data obtained with standard chiral extrapolations. We estimate $m_{\pi} = 2.65 \pm 0.11(10)$ [MeV] in the continuum limit.

1. INTRODUCTION

Recent years have been witnessing steady progress in the lattice QCD calculation of the light meson spectrum [1]. In the quenched approximation ignoring quark vacuum polarization effects, a systematic study performed with controlled chiral and continuum extrapolations has been made, which enabled a precise calculation of hadron masses with accuracy of about 0.5–3% [2]. The result has established that the quenched light hadron spectrum involves a systematic deviation from experiment by approximately 10%. Following this work, we have made a first full QCD calculation of the light meson spectrum with dynamical quarks [3]. It was found that the deviations in the light hadron spectrum are much reduced and light quark masses decrease by about 25% by the inclusion of dynamical u and d quarks. However, full QCD simulations are not yet as precise as the quenched simulations. The major source of uncertainty is the chiral extrapolation. With currently available computer power and simulation algorithms, the sea quark mass which can be simulated is still quite large, and hence the long extrapolation to the physical u and d quark masses can be significantly systematic. In this paper, we propose a new method to reduce the systematic errors in the

In full QCD simulations employing the Kogut-Susskind staggered-type quark actions, the sea quark masses has been pushed down to a value corresponding to $m_{\pi}/m_{\rho} \approx 0.3$ [4]. However, staggered quark action has a problem of flavour mixing which modifies the hadron spectrum and its quark mass dependence near the chiral limit. Staggered quark action also suffers from ambiguities in hadronic operators and has a potential problem of non-locality. In contrast, the Wilson-type quark actions are local and explicitly keep flavour symmetry. But since the computational costs are

* Present address: Department of Physics, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8526, Japan

[†] Present address: Center for Computational Physics, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan

† Present address: Department of Biological Sciences, Imperial College, London SW7 2AZ, U.K.

[†] Present address: Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan.

図2 学術論文の TeX 原稿 (左) と出力 postscript ファイルの例

TeXは通常のワードプロセッサソフトに比べると、多少の学習と習熟を必要とするが、ひとたび慣れてしまえば、印刷水準の文書を、研究者個人が作成できる。(あまりに綺麗に出来るので、それだけで何かを達成したような気になって、内容を練り上げることが疎かに

なるとの批判はあるが)。学術雑誌に掲載された出版論文は、タイトル、要旨（アブストラクト）、複数の章からなる本文、その中に埋め込まれた数式や表や図、最後に参考文献から構成されている。LaTeX を使えば、それぞれの部分のフォントの種類や大きさ、章番号、式番号、図番号、引用文献の番号などが自動的に管理され、さらに、ps ファイルで図を作成すれば、それも指定した大きさにスケールされて望みの位置になるべく近く取り込まれる（最後の点はしばしば時間がかかるが）。原稿は直接に PC 上でタイプインすれば良く、何度校正を繰り返そうが、章番号や式番号は自動管理されているから気を使う必要はない。これによって、素粒子物理学分野では、1980 年代半ばから後半にかけて、論文作成は、タイプライタ印字と烏口による作図の時代から、完全にコンピュータベースの TeX による文書整形と postscript による図の作成挿入に切り替わった。図 2 に TeX 原稿と整形コマンド処理後の出力例を示す。

現在では、素粒子物理学分野の学術論文や会議録はすべて TeX により書かれているといつて間違いではない。また、素粒子物理学分野では、米国物理学会出版の Physical Review D, Physical Review Letters, Elsevier 出版の Nuclear Physics, Physics Letters 等が主要な学術誌であるが、これらの雑誌の多くは論文受付に TeX 及び ps ファイルを標準フォーマットとして投稿受付を行っている。

§ 3. e-print archive

素粒子物理学分野の学術情報流通の第二の革命は 1991 年の e-print archive の誕生である。e-print archive とは、研究者が自らの論文をインターネット上のサーバーに送り、サーバー側ではこれを受け付けて保管し、世界中の研究者に自由に閲覧・ダウンロードさせる、完全にオープンで自動化された仕組みである。

e-print archive に投稿する研究者は、TeX と postscript 形式で論文テキストと図を作成し、そのファイル一式をサーバーに送る。サーバー側はこれを受け付けて TeX により整形された論文を postscript 形式で出力し、電子メールで著者に確認を求める。サーバーのデータベースは 24 時間毎に更新されるので、著者の確認が終わった論文は遅くとも 24 時間後の更新に反映されて世界に公表される。新しい論文のリストは登録したユーザには電子メールで毎日送付される。以上の仕組みは完全に自動化されており、ユーザは、収録論文リストを見たり、附属の検索エンジンを使って論文検索を行い、興味ある論文を閲覧したり、postscript や pdf 形式でダウンロードできる。

e-print archive は、e-journal 誕生以前の 1991 年 8 月に、素粒子理論の研究者 Paul Ginsparg が中心となってソフトウェアを開発し、素粒子物理学の超弦理論と呼ばれる分野の研究者グループを対象とした活動として始まった。瞬く間に物理学、数学、計算機科学に広がり、最近では生物学の一部にまで拡大している。当初、米国 Los Alamos 研究所にサーバーが設置されていた（<http://xxx.lanl.gov> 現在は <http://lanl.arxiv.org/> と名前を変えている）が、現在では米国 Cornell University に管理が移り、世界 13 ヶ国 15 ヶ所に

ミラーサイトが置かれている。我が国のミラーは京都大学基礎物理学研究所にある (<http://jp.arxiv.org/>)。蓄積される論文数は、アーカイブが始まって以来増加を続け、現在1ヶ月平均で約3500編、またサイトあたり接続数は1ヶ月平均100万件に及んでいる。

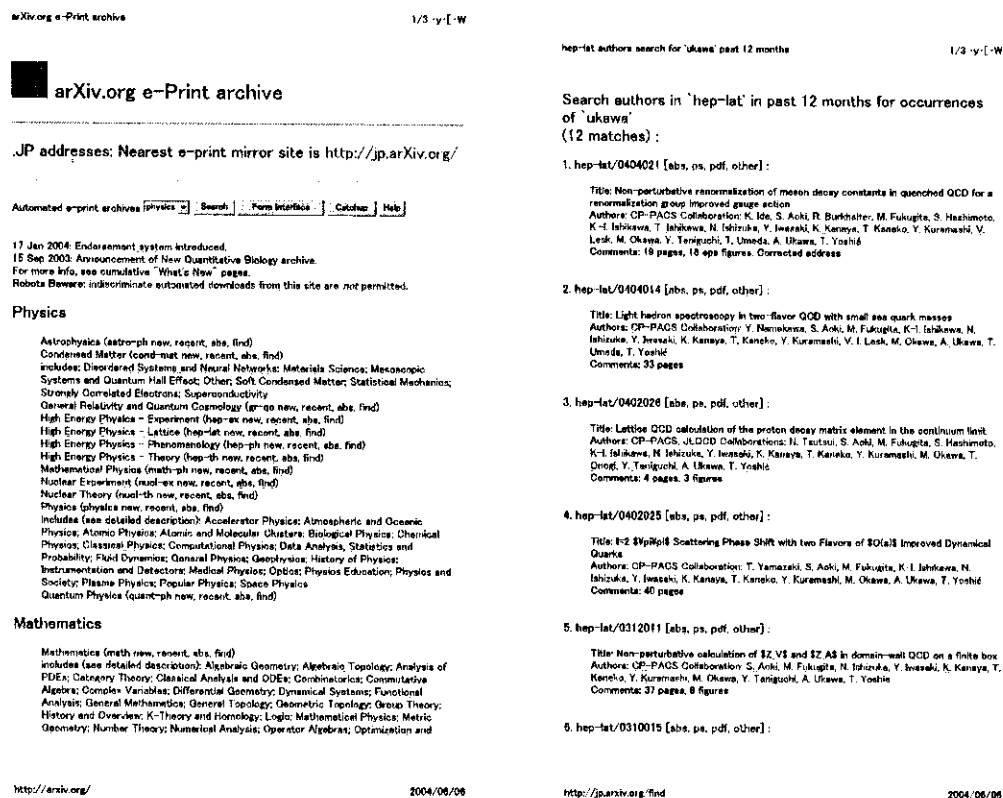


図3 e-print archive (<http://arxiv.org/>) のトップページ (左側) と、検索結果を表示したページの例(右側)。

図3の左側に Cornell University で運用されている e-print archive のトップページの一部を示す。物理だけで14におよぶ分野が運用されている。右側には、この中の High Energy Physics-Lattice-に入り、簡単な著者検索を行った結果を示す。hep-lat が分野の名称、その下の7桁の数字が登録番号で、西暦の最後二桁、月、各月での登録番号が並んでいる。ダウンロードする形式は、論文全体の postscript 形式、pdf 形式以外に、論文原稿である TeX file や挿入されている図面の postscript file もダウンロードすることができる。

§4. e-print archive と e-journal

e-journal は今ではどの図書館に取っても重要なアイテムとなっているので詳しい説明は必要ないであろう。e-journal は 1990 年代半ばから一部の学会誌により先鞭が付けられたが、1990 年代後半に Elsevier, Springer, John Wiley 等の大手出版社が出版雑誌の電子化を推進するに至ってタイトル数が急速に増加した。学術雑誌の総数は世界で 2 万タイトルとも 3 万タイトルとも言われるが、現在約 1 万タイトルが e-journal 化されているようである。

最近発刊した学術誌には、電子版のみの完全 e-journal も増えているが、e-journal の多くは従来から発行されていた冊子体雑誌が、電子版へと拡張されたものである。購読料を払い、大学の IP アドレスによりアクセスの認証を行うサイト・ライセンス形式が多い。バックナンバーの電子資料化もかなりのスピードで進んでいる。私の分野では、アメリカ物理学会 (American Physical Society) の発行する Physical Review は世界的にも最重要雑誌の一つであるが、1893 年 7 月発行の第一巻から現在までに発行された全ての巻と論文が GIF 及び PDF、場合によっては postscript 形式で電子化され、読むことができる。

e-journal の特徴は、発行と同時に即時に論文を読める速報性、学内との制限はあるにせよ、図書館の所在や開館時間に関係なく、何処でも・何時でも読めること、文献検索をその場で行えること、などである。いずれも、従来の冊子体の雑誌には望めない機能であり、e-journal の普及の大きな要因になった。

これに対して、e-print archive では、ユーザは新しい論文の存在を登録後 1 日以内に知ることが出来る。また、完全にオープンなシステムであるから、インターネットさえあれば、誰もが何時でも何処からでも自由にアクセスでき、検索も容易である。また、サーバーと技術的知識・経験さえあれば少人数で運用できる。

このように見てくると、e-journal と e-print archive の根本的な違いは、レフェリーによる論文審査にあるということになる。e-journal といえども、そこに掲載される論文は、同じ分野の同僚あるいは編集者の審査を経たものに限られ、そのことによって質に関する一定の保障と格付けが与えられている。しかしながら、そのために論文がユーザに届くまでに多大の時間的ロスがある。これに対して、e-print archive では、論文の質の判断は完全にユーザに委ねられている。その替りに、著者と読者は時間的にも空間的にも直接結びつけられている。e-journal は従来型の学術雑誌の形態をインターネット上に移し変えているが、e-print archive は著者と読者を瞬時に結びつける全く新しい形態を提供したと言える。

e-print archive の成功は、このことに本質的によっている。著者側には、新しい結果は出来るだけ早く公開してコミュニティの研究者に公開すると同時に priority を主張したいとの要求がある、逆に、コミュニティの研究者側には、新たな結果は出来るだけ早く知り自らの研究の糧にしたいとの要求がある。TeX は、印刷水準の論文作成術を研究者個人で可能とした。インターネットはそのような論文を世界中に瞬時に送ることを可能とした。e-print archive は、これらの技術的進歩の上に立って、著者側からの能動的な働きかけに

より、コミュニティの研究者一般に瞬時にアクセスすることを可能とする仕組みを提供した事が革命的であったと思うのである。

§ 5. これからの学術情報の蓄積と流通

大学図書館は社会における知の集積点であり、その意味で大学の構成員だけでなく、広く社会の人々にその資源を提供することが求められる。大学図書館は、そのために広く人類の知的活動の成果を収めた図書、学術雑誌、学術資料を収集し、それを人々の利用に提供してきた。従来、その根本には、図書館が主体となって、学術資料を収集し、また図書館が主体となって、人々への資料の提供を行うとする考え方があったと思う。この考え方は、図書館が電子図書館となってもあまり変わっていないように思われる。e-journal にせよ、あるいは学位論文や科研費報告などの学術研究の成果にせよ、これらを収集する主体は図書館側にあり、さらにこれらをインターネットに載せて発信するという点においても、図書館が主体となっていく活動である点で、従来の学術資料の収集と提供の方式に則っている。この形態では、資料を提供する著者側も、それを読む読者側も、いずれも図書館から働きかけを受ける立場にあり、著者と読者の間は間接的である。

e-print archive の成功は、著者側が主体的な学術資料の提供を行えば、著者と全世界の読者が直接繋がる仕組みを提供した点によるところが大きいことは既に強調した点である。今後も図書館が知の集積と流通に大きな役割を果たし続けることは当然期待されることであるにせよ、IT 技術の進歩は著作者と読者のより積極的な関わり可能としており、またそのことによって知の集積と流通に、従来の枠組みをはるかに越えた形態が可能となっているのである。を知の集積点としての大学図書館の今後を考えるならば、この点を参考として、大学で得られた研究成果を集積する新たな仕組みを模索すべき時期が来ていると思われる。

このような仕組みは、謂わば大学の研究活動の電子的俯瞰図、しかも時と共に成長する俯瞰図、を大学の構成員に積極的な参加を求めて作成することに似ている。これを実現する方法としては、研究者データベースとそれに連動した研究成果データベースを基盤として、例えば、研究者それぞれが論文、国際会議録、著書等を発表するときに、発表先への投稿・出稿と同時にこれらのデータベースへの登録を自動的に行うことが出来る仕組みを構築することが考えられる。また可能ならば、論文プレプリント等の成果資料そのものを電子化してデータベースに連動できることが望ましいであろう。

このような仕組みの実現には、理工系や文系等の分野による研究成果の形態や著作権の取り扱いの差、電子資料化するためのフォーマットの問題など、数多くのハードルがある。学内研究成果の集積と発信の問題は、大学図書館の今後にとって重要なテーマの一つであり、大学図書館と教員が共同研究・共同作業の体制を作って取り組むことが必要であろう。